

03

Band 4

Dieter Nührmann

- ber. Ing. VSI -

# Das große Werkbuch Elektronik

Mikrowellentechnik · Oszillatoren · Stripline-Design · Antennen ·  
Quarztechnik · Mikroprozessortechnik · Digitaltechnik · Schaltnetzteile ·  
Hochfrequenz-Meßtechnik · Applikationen · Meßtechnik

Mit 1200 Abbildungen und 130 Tabellen  
7., neubearbeitete und erweiterte Auflage

*Franzis'*

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Nührmann, Dieter:**

Das große Werkbuch Elektronik / Dieter Nührmann. - (Ausg. in 4 Bd.). -

Poing : Franzis, 1998

ISBN 3-7723-6547-7

Bd. 4. Mikrowellentechnik, Oszillatoren, Stripline-Design,  
Antennen, Quartztechnik, Mikroprozessortechnik, Digitaltechnik,  
Schaltnetzteile, Hochfrequenz-Meßtechnik, Applikationen,  
Meßtechnik : mit 130 Tabellen. - 7., neubearb. und erw. Aufl. - 1998

B99/697

INFORMATIONSDIENSTE  
DEUTSCHES PATENTAMT

12. JAN. 1998

Das  
Werk  
ist 21

Seit 1978  
wurde für e

Wie ist das  
Seiten?

Die Idee zu  
Geschke, s  
„Zettelkasten“  
Dieser bild-  
dige 7. Auf  
aktuelle Th

Das große  
in der Elek  
Berechnung  
Werkbuch  
meßtechnis  
Funktionier  
durch die b  
immer die  
Das Werkbu

Zu den Unt  
Ein Bauteil  
läßt. Das li  
sich entge  
Berechnung  
praktische /

© 1998 Franzis' Verlag GmbH, 85586 Poing

Sämtliche Rechte - besonders das Übersetzungsrecht - an Text und Bildern vorbehalten. Fotomechanische Vervielfältigungen nur mit Genehmigung des Verlages. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise und jede Wiedergabe der Abbildungen, auch in verändertem Zustand, sind verboten.

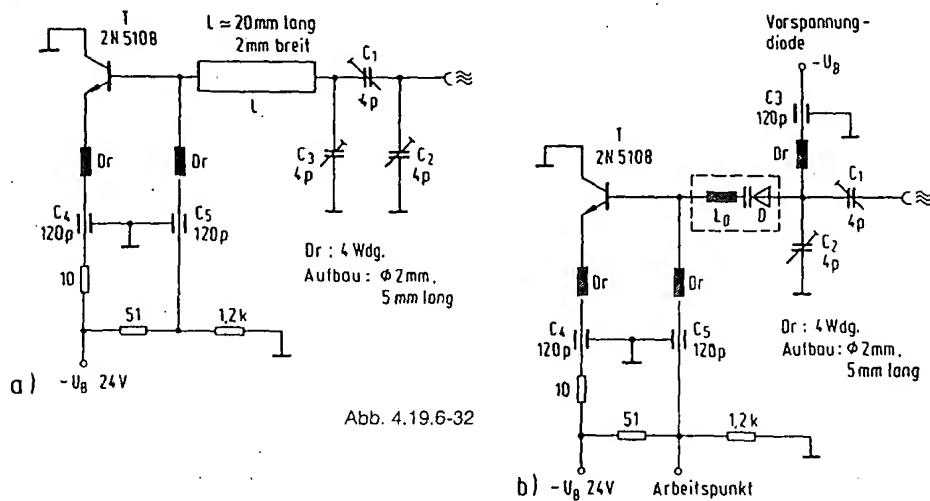
Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Satz: Kaltner Media GmbH, 86399 Bobingen  
Druck: Wiener Verlag, A-2325 Himberg  
Printed in Austria - Imprimé en Autriche

ISBN 3-7723-6547-7

NA 001 1 202 (4

Die HF-Leistung beträgt etwa 500 mW. Die Abstimmmöglichkeit ist durch Ändern von L sowie  $C_3$  und in der Abb. b evtl. durch Vergrößern der Varicapbauinduktivität  $L_D$  im Bereich von 0,9 GHz ... 2,2 GHz möglich. Der Kondensator  $C_3$  in Abb. a kann evtl. bei Frequenzen > 1,5 GHz entfallen.



## I PLL (Phase Locked Loop)-Nachregelung eines VCO

Das Prinzip der PLL-Funktion ist in Abb. 4.19.6-33 dargestellt. Der VCO weist als Nachregelorgan zwei Kapazitätsdioden auf, die mit der Gleichspannung  $u_0$  geregelt werden. Die Oszillatiorausgangsfrequenz  $f_0$  – als Beispiel hier mit 100 MHz gewählt – wird in dem nachfolgenden Teiler im Verhältnis 1:100 auf  $f_2 \approx 1 \text{ MHz}$  herabgeteilt. Diese Frequenz  $f_2$  als auch eine Referenzfrequenz  $f_1$  von einem Quarzoszillator gelangen an den PLL-Nachregelkreis. Die zugehörigen Spannungen haben die Bezeichnung  $u_1$  und  $u_2$ . Sie weisen Rechteckcharakter auf mit einem normierten Pegel von 0...1 V. Für die Ausgangsspannung  $u_3$  wird ebenfalls ein Pegel von 0...1 angenommen. Die Spannung  $u_3$  wird über einen Tiefpass (R · C) geführt, an dessen Ausgang, je nach Tastverhältnis von  $u_3$ , eine resultierende Gleichspannung  $u_0$  entsteht.

Der Eingang des PLL-IC wird als Beispiel hier durch eine Exklusiv-ODER-Gatler Schaltung gebildet. Dafür gilt folgende Logiktabelle

Eingänge	Ausgang
0	0
1	0
0	1
1	1

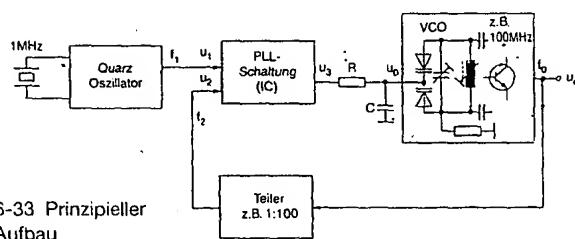


Abb. 4.19.6-33 Prinzipieller „VCO-PLL-Aufbau“

Daraus lassen sich folgende Betriebszustände ableiten.

Abb. 4.19.6-34a und b.

Je nach Phasenlage von  $u_2$  zur Referenz  $u_1$  wird bei Übereinstimmung (Abb. a) eine Ausgangsspannung Null gebildet. Bei einem Phasenversatz von  $180^\circ$  ist  $u_3 = 1$ . Entsprechende Extremwerte nimmt  $u_0$  an.

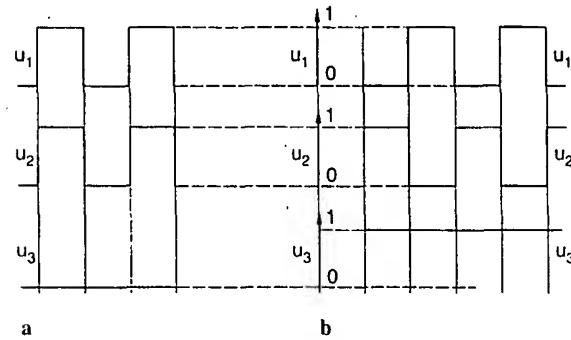


Abb. 4.19.6-34

- a) Frequenz und Phase  $u_1$  und  $u_2$  sind gleich. Ausgangsspannung  $u_3$  ist Null
- b) Frequenz von  $u_1$  und  $u_2$  sind gleich. Die Phasenlage ist um  $180^\circ$  versetzt. Ausgangsspannung  $u_3$  ist 1

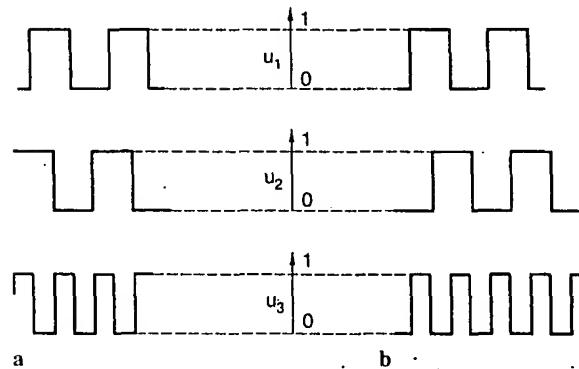


Abb. 4.19.6-35

- a) Die Spannung  $u_2$  ist um  $90^\circ$  voreilend, es entsteht eine symmetrische Rechteckspannung doppelter Frequenz
- b) Die Spannung  $u_2$  ist um  $90^\circ$  nacheilend, es entsteht eine symmetrische Rechteckspannung doppelter Frequenz

Abb. 4.19.6-35a und b.

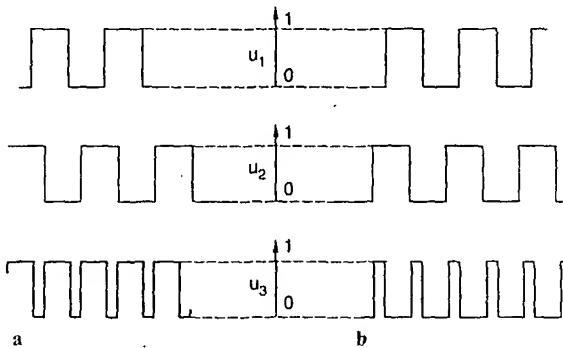
In der Abb. a und b ist jeweils ein Versatz von  $90^\circ$  angenommen. Es ist zu erkennen, daß  $u_3$  eine symmetrische Gleichspannung doppelter Frequenz ist. Passiert die Spannung  $u_3$  den Tiefspß, so ist die resultierende Spannung  $u_0 = 0,5 \cdot u_3$ . Es ist dieses der dynamische Fall für  $f_2 = f_1$ .

Abb. 4.19.6-36a und b.

Für die Abb. a ist eine sinkende Frequenz  $f_2$  gegenüber der Bezugsfrequenz  $f_1$  angenommen. Es bildet sich ein asymmetrisches Signal  $u_3$  mit positivem Signalanteil. Der daraus resultierende Wert von  $u_0$  wird gegenüber dem mittleren Potential positiver. Entsprechend umgekehrt ist in Abb. b der Fall bei steigender Frequenz  $f_2$ .

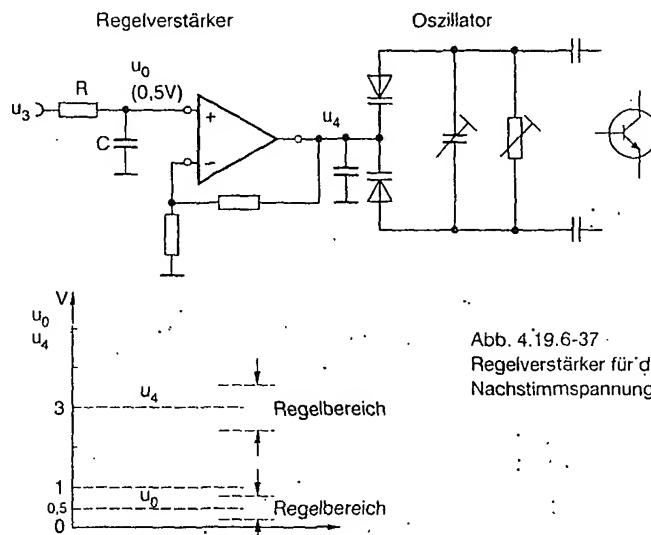
Abb. 4.19.6-36

a: Die Frequenz von  $u_2$  sinkt.  
Es entsteht ein asymmetrisches Rechtecksignal mit positivem Impulsanteil  
b: Die Frequenz von  $u_2$  steigt.  
Es entsteht ein asymmetrisches Rechtecksignal mit negativem Impulsanteil



Diese erhaltene Steuerspannung  $u_0$  regelt die Diodenspannung so nach, daß durch die dann erhaltene Frequenzänderung die Ausgangsspannung  $u_3$  wieder ihren Sollwert 0,5 annimmt. Ist der Fall eingetreten, dann ist  $f_2 = f_1$ . Der PLL-Kreis hält diese nachgeregelte Frequenz  $f_2$  starr (konstant) fest.

In der Abb. 4.19.6-37 ist für die Nachregelung eine Pegelumsetzung bei gleichzeitiger Verstärkung der Spannung  $u_0$  gezeigt. Der Kathodenpegel der Nachregeldioden kann dadurch auf einen gewünschten Wert gebracht werden. Des weiteren kann über die Spannungsverstärkung die Regelsteilheit beeinflußt werden. Dabei ist in dem angeführten Beispiel zu bedenken, daß die Spannung  $u_3$  auf einen Maximalwert von  $u_3 = 1$  normiert wurde.

Abb. 4.19.6-37  
Regelverstärker für die  
Nachstimmspannung

DOCKET NO: Cal-I 0045  
SERIAL NO: \_\_\_\_\_  
APPLICANT: Ulrich Bötzel et al.  
LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100